

МНОГОСЛОЙНЫЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

Л. В. Киренский, Т. П. Изотова и Н. М. Саланский

Двуслойные ферромагнитные пленки с магнитными слоями разной коэрцитивной силы, разделенными слоем кварца, имеют ступенчатую петлю гистерезиса. Величина коэрцитивной силы ферромагнитных пленок в двуслойной системе обычно меньше H_c подобных однослойных пленок. Наличие в низкокоэрцитивной пленке зародышей обратной намагниченности (пленка предварительно намагничивается до насыщения) указывает на существование локального магнитостатического взаимодействия между слоями. Величина этого взаимодействия зависит от толщины изолирующей прослойки [1].

В данной работе представлены результаты исследований взаимодействия двуслойных ферромагнитных пленок с различными составами как высококоэрцитивного, так и низкокоэрцитивного слоев. Ферромагнитные слои были разделены слоем кварца толщиной 2000 Å. Пленки получали термическим распылением вещества в вакууме

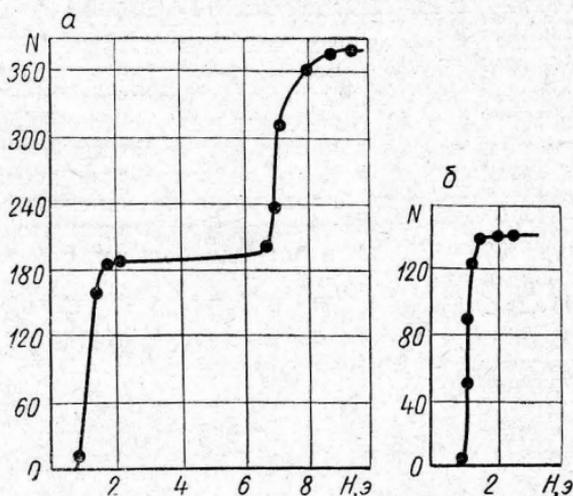


Рис. 1. Интегральные кривые распределения скачков Баркгаузена по полю:

а — для пленки $\text{Co}|\text{SiO}_2|\text{Fe-Ni}$; б — для пленки Fe-Ni (16% Fe, 84% Ni).

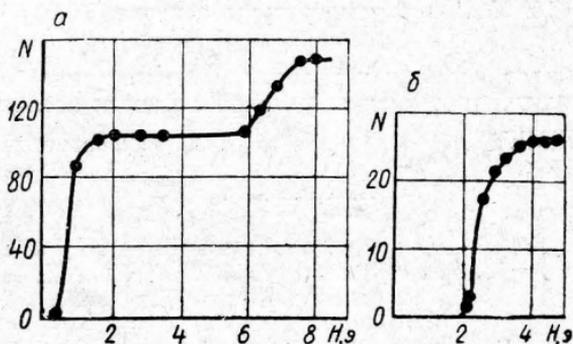


Рис. 2. То же, что на рис. 1:

а — в двуслойной пленке $\text{Fe-Ni-Co}|\text{SiO}_2|\text{Fe-Ni}$; б — в пленке Fe-Ni (20% Fe, 80% Ni).

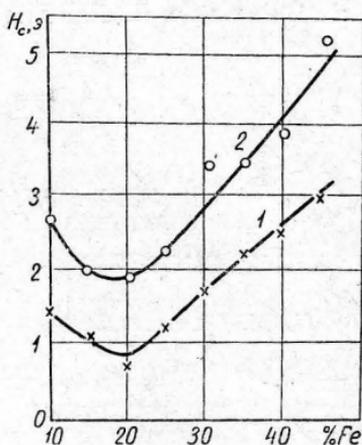


Рис. 3. Зависимость H_c от содержания Fe в Fe-Ni пленке:

1 — в двуслойной системе; 2 — в однослойной пленке.

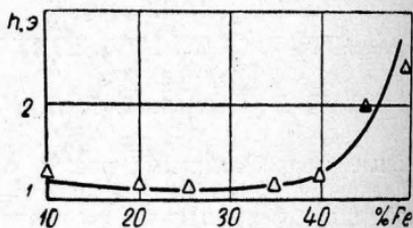


Рис. 4. Зависимость величины поля связи между ферромагнитными пленками от содержания Fe в слое НК.

$3 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст. Во время напыления прикладывалось магнитное поле 100 э. Подложками для пленок служили покровные стекла, нагретые до 300°C при напылении высококоэрцитивного и до 200° — низкокоэрцитивного слоя.

Изучение характера перемагничивания двуслойных и однослойных пленок проведено с помощью эффекта Баркгаузена; коэрцитивная сила измерялась по петлям гистерезиса.

Ферромагнитные материалы для слоистых пленок выбирались таким образом, чтобы слои имели разные H_c . Высококоэрцитивный и низкокоэрцитивный слои обозначены соответственно через *ВК* и *НК*. На рис. 1а даны интегральные кривые распределения числа скачков Баркгаузена по полю в двуслойной пленке типа $\text{Co}|\text{SiO}_2|\text{Fe}-\text{Ni}$, а на рис. 1б — то же для однослойной пленки *НК*. Как видно из рисунков, скачки Баркгаузена в пленке *НК* возникают в обоих случаях в одинаковых полях. Однако когда пленка *НК* напылена в двуслойную систему, интервал поля, в котором проходят все скачки Баркгаузена, несколько больше, чем для однослойной пленки *НК*. Подобное явление наблюдалось для всех пленок типа *НК*, которые были напылены в систему со слоем *Со*.

На рис. 2а—б представлены интегральные кривые для двуслойной и однослойной пленок типов $\text{Fe}-\text{Ni}-\text{Co}|\text{SiO}_2|\text{Fe}-\text{Ni}$ и $\text{Fe}-\text{Ni}$. Из сравнения этих рисунков видно, что скачки Баркгаузена в слое *НК* двуслойной пленки (рис. 2а) начинаются и заканчиваются в более слабых полях, чем в однослойной пленке *НК* (рис. 2б).

По петлям гистерезиса описанных выше пленок была измерена H_c слоя *НК* однослойной и двуслойной пленок. Для пленки *НК*, входящей в состав $\text{Fe}-\text{Ni}-\text{Co}|\text{SiO}_2|\text{Fe}-\text{Ni}$ двуслойной системы, наблюдается уменьшение H_c , что также видно из хода кривых распределения скачков Баркгаузена по полю. Для пленок *НК*, входящих в состав системы $\text{Co}|\text{SiO}_2|\text{Fe}-\text{Ni}$, такого эффекта не наблюдалось.

Поскольку наиболее интересные явления наблюдаются на пленках *НК*, напыленных в двуслойную систему с высококоэрцитивным слоем 30% Fe, 45% Ni и 25% Co, было предпринято изучение зависимости H_c слоя пермаллоя от изменения его состава при постоянном составе слоя *ВК*. Толщины слоев *ВК* и *НК* оставались примерно постоянными и соответственно равными 1200 и 1000 Å.

На рис. 3 даны кривые зависимости H_c $\text{Fe}-\text{Ni}$ пленки от процентного содержания в ней железа. Кривая 1 соответствует значениям H_c слоя *НК* в двуслойной системе, а кривая 2 — в однослойной пленке. Видно, что величина H_c соответствующего состава в первом случае значительно меньше.

Как показано в работе [1], эффективное уменьшение H_c ферромагнитных слоев, напыленных в двуслойную систему, связано с существованием локальных магнитных полей рассеяния, обусловленных топографией поверхности пленок. Величина магнитной связи между пленками зависит от состава ферромагнитных слоев. На рис. 4 представлена зависимость величины поля связи между пленками типа $\text{Fe}-\text{Ni}-\text{Co}|\text{SiO}_2|\text{Fe}-\text{Ni}$ от процентного содержания железа. Опыты показывают, что величина поля связи зависит не столько от магнитных свойств низкокоэрцитивного слоя, сколько от свойств слоя высококоэрцитивного.

По расчетам Нееля [2], величина энергии связи, создаваемая локальными неоднородностями в пермалловых пленках, составляет $0,001 \text{ эрг/см}^2$ при толщине изоляционной прослойки 100 Å. При толщине слоя кварца 2000 Å величина этой энергии равняется $0,0001 \text{ эрг/см}^2$. Между двуслойными пленками типа $\text{Fe}-\text{Ni}-\text{Co}|\text{SiO}_2|\text{Fe}-\text{Ni}$ возникают достаточно высокие поля связи, которые определяют довольно большую величину поверхностной энергии ($0,009 \text{ эрг/см}^2$).

Превышение найденной экспериментальной энергии связи над ее расчетным значением, вероятно, можно объяснить увеличением полей рассеяния около включений частиц последующего напыляемого слоя [3], а также приближенностью модели и ее расчета.

Институт физики
СО АН СССР
Красноярский пединститут

Поступило в редакцию
9 марта 1965 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ки́ренский Л. В., Изотова Т. П. и Саланский Н. М., Изв. АН СССР, сер. физ., 1965, № 4, 610.
2. Neel L. C. R. Acad. Sci., 1962, 255, 1657.
3. Neel L. Ann. Univ. in Grenoble, 1946, 22, 299.